

Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztálya
Közlekedés- és Járműtudományi Bizottság

**Személyközlekedési rendszerek és szolgáltatások
informatikai elemzési, fejlesztési és integrálási módszerei**

MTA doktori értekezés tézisei

Dr. Csiszár Csaba

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszék

aki a Magyar Tudományos Akadémia doktora címére pályázik

**Budapest
2020**

Tartalomjegyzék

1. A tudományos kutatási feladat ismertetése	1
1.1. Motiváció	1
1.2. Célkitűzés	2
1.3. Tudományos előzmények.....	2
2. Alkalmazott tudományos kutatási és vizsgálati módszerek	8
3. Új tudományos eredmények	9
4. Az új tudományos eredmények hasznosíthatósága és hasznosítása	19
5. Az értekezés témaköréből írt publikációk jegyzéke	20
6. A kapcsolódó szakirodalom legfontosabb közleményei	23

1. A tudományos kutatási feladat ismertetése

A közlekedési rendszerek tervezése és működtetése a technológiai, szervezési, üzemeltetési, gazdasági és jogi ismeretanyagok mellett információkezeléssel összefüggő ismereteket is igényel. A BME Közlekedésüzemi és Közlekedésgazdasági Tanszékén folyó tudományos kutatások között meghatározó jelentőségűek a rendszertervezési és az informatikai kutatások.

1.1. Motiváció

A korszerű közlekedési rendszerek speciális információs rendszereknek tekinthetők. A specialitás abból adódik, hogy az elemek jelentős része mozgási és döntési képességekkel is rendelkezik. Arra kerestem a választ, hogy *hogyan lehet az informatika eszközeivel hatékony és fenntartható működést elérni*, egyre magasabb szolgáltatási minőség mellett. Kutatásaim során kiemeltem vizsgáltam, hogyan lehet *az átalakuló közlekedési rendszerekben a szolgáltatást igénybevevő embert „újrapozicionálni”*.

Az egyik leginkább foglalkoztató kérdéskör *a személyközlekedés átalakulása és a jövőbeli jellemzőinek feltárása* volt. A *rendszer szemléletű és jövőorientált megközelítéssel* elsősorban nem „klasszikus” problémákat azonosítottam, hanem az innovációs lehetőségekben rejlő kutatási potenciál alapján adtam új, átfogó és részletes, tudományosan alátámasztott válaszokat. Kiemelt feladatomban tekintettem a jövőbeli rendszerek és szolgáltatások elméleti és gyakorlati összefüggéseinek megalapozását, feltárását; amely különös kihívást jelent paradigmaváltás során.

A napjainkban megfigyelhető *közlekedési átalakulás* a következő kifejezésekkel jellemezhető: utazási láncok, integráció, klímabarát, digitalizálás, automatizálás, okos rendszerek, mesterséges intelligencia, kommunikációintenzív rendszerek. A közlekedés egyre szabályozottabbá válik és az utazók egyre tudatosabban viselkednek. A járműtulajdonlásról fokozatosan áthelyeződik a hangsúly az információs szolgáltatásba „beágyazott” személyre szabott, automatizált mobilitási szolgáltatásra. Teret nyernek a megosztáson alapuló új mobilitási szolgáltatások, amelyek a jármű és férőhely kihasználtságot fokozzák (pl. autómegosztás, utazásmegosztás). Az autonóm (önvezető) járművek elterjedésével ez a tendencia erősödik. Az ember-gépi rendszerekben az információkezelési műveletek egyre nagyobb arányban a gépek felé tolódnak, ugyanis a humán képességek korlátozottak. Ugyanakkor egyre nagyobb figyelem irányul az okos utazó információkezelési és döntési folyamataira is.

Ennek következtében a tudományos kutatás, az új tudományos eredmények gyakorlati adaptálása, valamint a társadalmasítás még nagyobb jelentőségű, mint korábban. Ezek a tényezők együttesen a közlekedési rendszerekre és szolgáltatásokra vonatkozó alapelvek újragondolását igénylik, melynek során a szerkezetre és a működésre vonatkozó bonyolult összefüggések feltárása, megértése és alkalmazása szükséges a megváltozott körülmények között. Ezekre a kihívásokra a tudomány oldaláról átfogó, rendszerszemléletű elvekkel és ezeknek megfelelő módszerekkel adhatók megfelelő válaszok. Mindez kellő motivációt adott arra, hogy a tématerületet – lehetőség szerint – minél szélesebb körben, több oldalról és a részletek kimunkálásával próbáljam meg körüljárni.

1.2. Célkitűzés

A közlekedéstudományi kutatások feladata, hogy az eddigi ismereteink és a jelenleg megfigyelhető tendenciák alapján reálisan előrejeltsék és megalapozza a jövőbeli megoldásokat annak érdekében, hogy a változásokra proaktív módon lehessen felkészülni. A személyközlekedési rendszer nem csupán egy műszaki megoldás, hanem bonyolult belső és külső kapcsolatokkal, valamint sok humán összetevővel is rendelkezik. A technológiai változások (pl. automatizálás), valamint a fenntarthatósági elvárások (pl. energiagazdálkodás) olyan jelentős átalakulásokat eredményeznek, amelyek az utazói viselkedést is alapjaiban megváltoztatják.

A célom *tudományos módszerek alkalmazásával új közlekedésinformatikai modellezési, elemzési, értékelési, valamint rendszertervezési módszerek kidolgozása* és azok adaptálása a személyközlekedés fejlesztése érdekében. Az elméleti és a gyakorlati témaköröket több, mint két évtizede kutatom; a szakirodalom elemzése és a legújabb alkalmazások megismerése alapján foglaltam össze eredményeimet. Alapvetően közlekedési informatikai kérdéskörökkel foglalkoztam, mivel azonban az informatika a teljes közlekedési rendszert leképezi és annak „szervező és összetartó” eszköze, ezért rendszertervezési, hálózattervezési, technológiai, energetikai, környezeti, gazdasági, társadalmi és emberi döntési aspektusokat is figyelembe vettem. A rendszertípusok meghatározására irányuló tudományos tevékenységemmel, *az értekezés definiáló, rendszerező részeivel a tudományterület legújabb részeit alapoztam meg.* Az átfogó megközelítés egyúttal megfelelő keretet is biztosított az egyes, szűkebb részterületek vizsgálatához. A közlekedés- és járműtudományok szorosan összetartoznak, ezért a járműtechnológiai fejlődésből vezettem le a kutatási feladatokat.

A gyors információtechnológiai fejlődés elengedhetetlenné teszi egy olyan tartós fejlesztési keretrendszer kialakítását, amely felhasználási és funkcionális alapokon nyugszik. *A közlekedés alapfolyamatát és a közlekedés szervezeti rendszereiben végbemenő folyamatokat tekintettem a legfontosabb rendezőelvnek, és a kutatásaim során erre építettem fel az információs rendszerek és szolgáltatások modelljét. Célom volt olyan új elméleti struktúrák kidolgozása, amelyek megfelelő alapot biztosítanak a közlekedési rendszerek hosszútávú fejlesztéséhez, ugyanakkor kellően rugalmasak az újabb technológiai megoldások beillesztéséhez.*

Kiemelt figyelmet fordítottam az „iskolateremtő” tevékenységre és az ezzel összefüggő *tudományos és szakmai utánpótlás nevelésre*, hiszen az innovatív közlekedési rendszerek és mobilitási szolgáltatások tervezése, üzemeltetése a közeljövőben nagyszámban igényli a jól felkészült és önálló feladatmegoldásra képes, az innováció iránt elkötelezett szakembereket. Egy ilyen átfogó témakör kutatása, látva a fejlődés irányát is, az elkövetkezendő időszakban is jelentős feladatokat jelent, amelyek teljesítése a továbbiakban is csak megfelelően irányított kutatóműhelyben lehetséges.

1.3. Tudományos előzmények

A *közlekedéstudomány* alkalmazott tudományág; feladata a közlekedés és környezetének elemzése, kölcsönhatásaik feltárása a teljes közlekedési rendszer komplex módon történő tervezése és társadalmilag hatékony működtetése érdekében (Kövesné, 2017). A *közlekedési informatika* a közlekedési információk rendszerszintű kezelésével összefüggő ismeretek összessége; fogalma és tárgyköre a múlt század második felétől kezdődően alakult ki és azóta is folyamatosan fejlődik (Csiszár és Westsik, 2014). Technikai háttere az infokommunikációs eszköztár. Az

ezen a területen közzétett eddigi tudományos eredmények egymásra épülnek, kiegészítik, bővítik egymást; és egyben teret nyitnak a jövőbeli kutatásoknak. A kutatásom során építettem a korábbi tudományos eredményekre. Az a tudományterület, amellyel hosszú évek során foglalkoztam, rendkívül komplex és rendhagyóan újszerű. Az ezen a területen született tudományos eredményeket *hazai és nemzetközi* csoportosításban foglaltam össze.

A számítógépek közlekedési alkalmazásának kutatása az 1960-as években kezdődött a Közlekedésüzemi Tanszéken. Eleinte a közlekedési üzemszervezés tantárgyból kiindulva kezdtek el foglalkozni az automatika és a számítástechnika felhasználásával. 1965-ben jelent meg *Turányi István és Westsik György* „Bevezetés a közlekedési kibernetikába” c. egyetemi jegyzete. Az automatizálás elnevezést a kibernetika elnevezés használata követte, mert az szélesebb fogalomkört jelölt meg. Ekkorra vált világossá, hogy a közlekedés irányítási rendszerét és az ahhoz szükséges információellátást is érdemes kutatni (*Westsik, 1967, 1969b, 1970, 1980*). A kezdetben az automatizálás irányában folytatott kutatás a közlekedési informatika felé fordult; bár fogalmilag ez az új tudományterület még csak később határolódott körül. A rendszerelmélet és rendszertechnika tovább bővítette a kutatás horizontját (*Westsik, 1986, 1987*). A személyközlekedési rendszerek kutatásában *Kövesné Gilicze Éva* ért el kiemelkedő eredményeket. Kutatási területe kiterjedt – többek között – a személyközlekedési rendszerek elemzésére, értékelésére, térbeni-időbeni intézkedési javaslatok megfogalmazására. Továbbfejlesztette a szolgáltatási minőség értékelési módszereit; feltárta a városi, valamint a térségi közforgalmú közlekedés minőségi kapcsolatrendszerét (*Kövesné, 1996a, 1996b, 2000; Kövesné et al., 2015*). *Juhász János és Munkácsiné Lengyel Erzsébet (2008)* az útvonalválasztás kérdéskörével foglalkozva az aktuális közlekedési információk jelentőségét elemezte és a felhasználási lehetőségeket foglalta össze. Az integrált közlekedési információs rendszerek kutatási eredményei között alig található a légiközlekedési alágazatra vonatkozó publikáció. A légi informatika hazánkban egészen a 2000-es évekig kevésbé ismert és publikált szakterület volt. A repülőterek információs rendszereinek integrációjával foglalkozó eredmények *Kelemen Zsolt (2009)* publikációjában jelentek meg.

Kiemelkedő eredménnyel végzett kutatásokat a személyközlekedés területén *Monigl János*, aki a közlekedés belső és külső kapcsolatrendszerének feltárásával, tér-idő-költség alapú modellezésével és az egyéni választási modellek fejlesztésével foglalkozott (*Monigl, 2001*). Jelentős eredményeket mutatott fel a Budapesti Közlekedési Szövetség (BKSz) létrehozását megalapozó vizsgálatok során is. *Berki Zsolt* a személyközlekedési adatfelvételeken alapuló modellek fejlesztésében ért el jelentős eredményeket, különös tekintettel a szokásjellemzők vizsgálatára, valamint a közlekedési kínálati és keresleti modellekre.

Lindenbach Ágnes nevéhez köthető a hazai intelligens közlekedési rendszerekkel kapcsolatos kutatások megindítása (*Lindenbach et al., 2004*); kidolgozta a rendszerek hazai bevezetési stratégiáját, meghatározta az elérhető hasznokat; továbbá eredményeket ért el az együttműködő megoldások fejlesztése vonatkozásában is. *Fi István* az útépitési kutatások mellett, elsősorban a közúthálózat rendszerszintű elemzése és fejlesztése, valamint a forgalmi folyamatoknak a vizsgálata terén ért el kimagasló eredményeket. *Orosz Csaba* hálózatfejlesztési kutatásai jelentősek, továbbá a parkolási rendszerekkel és a fenntartható mobilitási tervekkel kapcsolatos eredményei emelendők ki. Kutatásai során az innovatív technológiai és közlekedésszervezési megoldásoknak (elektromobilitás, automatizálás, megosztott mobilitás) az integrálásával is foglalkozik.

Barsi Árpád a közlekedési térinformatika területén végez meghatározó jellegű kutatásokat. A legújabb technológiai megoldásokat alkalmazva, az önvezető járművek irányításához szükséges térinformatikai megoldásokat fejleszt. *Lovas Tamás* a közlekedésben alkalmazható távérzékelési technológiák kutatásával foglalkozik, amelyek segítségével a valóságot pontosabban leképező adatbázisok készíthetők. *Wirth Ervin* az elektromos járművek használatát támogató térinformatikai megoldásokat dolgoz ki; kutatásokat folytat a töltőállomás-helyszínek kijelölése és a teljes elektromobilitási rendszer mesterséges intelligencia alapú modellezése és vizsgálata területeken.

Berényi János a közlekedéstervezési és -szervezési módszerek (pl. gyalogosforgalmi méretezés) kidolgozása, valamint logisztikai és informatikai területeken is jelentős eredményeket ért. Foglalkozott az elektronikus közlekedési adatbázisok felhasználhatósági kérdéseivel és azok integrálásával. *Albert Gábor* a teljes közlekedési rendszerre vonatkozó elemzések, valamint a stratégiaalkotás területeken ért el jelentős eredményeket. *Munkácsy András* az utazási szokások vizsgálata területén (elsősorban a közforgalmi közlekedésre vonatkozóan) mutatott fel jelentős eredményeket. Részletes kutatásokat végzett a közösségi kerékpármegosztó rendszerek felhasználói elfogadása témában. *Fleischer Tamás* az urbanisztika és a fenntartható városi közlekedés területén végez iránymutató kutatásokat. Kutatásai jellemzően az elérhetőség, időfelhasználás, környezetvédelem területekre irányulnak.

Az ezen a területen született nemzetközi tudományos eredményeket egymással összefüggő témakörökbe rendezve tekintetem át. *Bart van Arem* és kutatócsoportjának eredményei kiemelkedőek a közlekedési modellezés és a közlekedési információs rendszerek területén. Kutatásaik a legújabb technológiai megoldásokkal (automatizálással) kapcsolatos tervezési és üzemeltetési kérdésekre fókuszálnak, így jelentős eredményeket mutattak fel a városi mobilitástervezés átalakulása területén (*van Arem et al., 2019*), az elektromos és az autonóm közúti járművekkel kapcsolatos kérdések vizsgálatában, továbbá a közlekedők viselkedésének elemzése vonatkozásában, különös tekintettel a mód- és eszközválasztásra. Hasonlóan kiemelkedőek *Hani S. Mahmassani* és kutatócsoportjának eredményei, akik a hálózatmodellezés, operációkutatás, utazói viselkedés (*Mahmassani et al., 2013*) területeken végzik tevékenységüket. Legújabban az autonóm járművekre épülő rendszerek, a multimodális hálózati modellek, a ráterhelési eljárások és a forgalmi előrejelzések kerültek a kutatásuk középpontjába. Mindezt kiegészítik hatékonysági és gazdasági elemzésekkel és értékelésekkel is. Az új mobilitási szolgáltatások jellemzőit *Maria Kamargianni* és szerzőtársai (2016) foglalták össze, akik több szempont szerinti értékelést végeztek, és az integrálási megoldásokra tettek javaslatot, különös tekintettel az infokommunikációs integrációra. Kutatásaikat a mobilitás, mint szolgáltatás (MaaS) koncepcióval összefüggésben, annak gyakorlati megvalósítására fókuszálva végzik.

A parkolásnak a megelőző és a követő mozgási műveletekkel való kapcsolatával, továbbá a dinamikus (valós idejű adatok szerinti) információk parkolóhely-kereső forgalomra gyakorolt hatásával többen foglalkoztak; közülük *Felix Caicedo (2010)* eredményei emelkednek ki. A parkolóhely-foglalás bevezetésére és a változó díjtételek, mint szabályozó eszköz hatásaira vonatkozó eredményeket *Caroline J. Rodier* és *Susan A. Shaheen (2010)*, valamint *Dusan Teodorovic* és *Panta Lucic (2006)* közölték publikációikban. A személyre szabott parkolást támogató információs szolgáltatások fejlesztésére, valamint az elérhető utazási idő csökkenésre és

energiamegtakarításra vonatkozó kutatási eredményeket *Jong-Ho Shin* és *Hong-Bae Jun* (2014) tett közzé publikációjában. A parkolóhely-választási viselkedést *Michele Ottomanelli* és szerzőtársai (2011) modellezték. A parkolási alkalmazások többnyire nem támogatják az utazási láncok tervezését és a navigációt, továbbá a parkolóhely előfoglalására is csak kevés esetben van lehetőség; mindez növeli a teljes utazási lánc bizonytalanságát. A parkolási információs rendszerek integrációjának és a személyre szabott tájékoztatásnak a tudományos megalapozása ezidáig hiányzott.

Az elektromos közúti járművek töltőtelepítési vizsgálatainál jellemzően közlekedési vagy elektromos hálózati (hosszúfűrészes, szabad kapacitás) megközelítést alkalmaznak. A töltési igények meghatározásánál szociodemográfiai és makrogazdasági adatokat, forgalmi adatokat és a forgalomvonzó létesítmények jellemzőit veszik általában figyelembe. Rendszerszemléletű, többlépéses, töltési igény számító módszer ezidáig nem állt rendelkezésre. A tudományos kutatásoknál utazás-orientált (flow-based), pont-orientált (node-based) vagy szakasz-orientált (arc-based) megközelítési módokat alkalmaznak. A hosszútávú utazások során felmerülő töltési igény modellezésekor utazás-orientált megközelítést alkalmaztak *Kai Huang* és szerzőtársai (2016); az igényeket egy-egy útvonalhoz rendelték. *Christopher Upchurch* és *Michael Kuby* (2010) a töltőállomások telepítésénél alkalmazható matematikai modelleket hasonlította össze. A helyszíneket az utazások honnan-hová adatainak és a jellemző útvonalaknak az ismeretében határozták meg, miközben a kiszolgált utazások számának maximalizálására, az útvonalak töltőállomással való minél nagyobb lefedettségére törekedtek. Olyan, pont- és szakasz-orientált kombinált módszer, amely azokban az esetekben is használható, amikor nem állnak rendelkezésre részletes adatok a közlekedési áramlatokról (pl. honnan-hová utazások), továbbá amely figyelembe veszi a potenciális helyszínek szolgáltatási színvonalát is, ezidáig nem állt rendelkezésre. A rövidtávú utazások befejezésekor felmerülő töltési igények modellezése és a töltőpontok kijelölési módszere területeken *T. Donna Chen* és szerzőtársai (2013), továbbá *Abdolmatin Shirmohammadli* és *Dirk Heinrich Vallée* (2017) érték el jelentős tudományos eredményeket. A töltési igények és a parkolási igények, valamint a területhasználati jellemzők összefüggéseit tárták fel. A telepítési helyszínek kijelöléséhez az utazások célállomásai szerinti klaszteranalízist alkalmaztak *Nastascia Andrenacci* és szerzőtársai (2016), akik figyelembe vették a parkolási időtartamokat is. A nagyobb területegységeknek a városi publikus töltési igény nagysága alapján történő makró szintű értékelő eljárása ezidáig nem állt rendelkezésre. Továbbá, egy olyan mezo szintű értékelő eljárás is hiányzott, ami a parkolási jellemzők alapján rendeli a töltési igényeket a helyszíntípusokhoz, majd ez alapján értékeli a kisebb területegységeket. Kétszintű értékelésen alapuló töltőállomáshelyszín-kijelölő módszereket sem alkalmaztak korábban.

Az elektromos jármű a villamosenergia rendszer szempontjából egy mozgó energiatároló, amivel a terhelés ingadozás mérsékelhető. Az energia kereslet és kínálat közötti különbség csökkentésével, a töltési folyamat időbeli optimalizálásával foglalkozó tanulmányok jellemzően a centralizált és a decentralizált irányítási csoportokba sorolhatók. A töltési terv optimalizálást támogató, a villamosenergia-hálózat és a jármű közötti kétirányú energiaáramot figyelembe vevő eljárást dolgoztak ki *Monica Alonso* és szerzőtársai (2014), akik a technológiai háttér, a változó díjtételek és a szabályozási háttér jellemzőit is vizsgálták. A töltési terv optimalizáló módszerek a járművek töltési igényét, a közlekedési igények sajátosságait és a felhasználói elvárásokat vagy elnagyolva, vagy csak részben vagy egyáltalán nem veszik figyelembe.

A közlekedés automatizálási kutatások és fejlesztések elsősorban a járművekre és a forgalmi folyamatokra, különösen a járműirányításra és a kommunikációra fókuszálnak. Mindeközben a járműnek a közlekedési rendszerbe való illesztésére és a felhasználói elvárásokra kevesebb hangsúlyt fektettek. A legtöbb eredmény az autonóm személygépjárművekre és a kis befogadóképességű buszokra vonatkozóan jelent meg. A flottatervezés és -üzemeltetés témakörben *T. Donna Chen* és szerzőtársai (2016), továbbá *Joschka Bischoff* és *Michal Maciejewski* (2016) szimulációs eredményei kiemelkedők. Az autonóm járművek üzemeltetésének hosszútávú hatásait (pl. módválasztás) *Wolfgang Gruel* és *Joseph M. Stanford* (2016) határozták meg. *Kevin Spieser* és szerzőtársai (2014) az automatizált, megosztott, kereslet vezérelt mobilitási szolgáltatások tervezési alapelveit és módszereit dolgozták ki, figyelembe véve a befektetés megtérülési mutatóit. Megállapították, hogy a jelenleginél lényegesen kevesebb járművel is kiszolgálhatók az individuális mobilitási igények. Az autonóm járművekre épülő közforgalmú szolgáltatások jellemzőit *Lukasz Owczarzak* és *Jacek Zak* (2015) foglalta össze publikációjában és azokat a hagyományos személyközlekedési módokkal hasonlították össze.

A közlekedési módok és a mobilitási szokások várható átalakulását, a megosztott autonóm járműves mobilitási szolgáltatások jellemzőit, az utazói preferenciákat és a szabályozási kérdésköröket kutatta *Daniel J. Fagnant* és *Kara M. Kockelman* (2014, 2015) ágens alapú modellekkel és különböző forgatókönyvek szerint, illetve hasonló kérdésekkel foglalkoztak *Rico Krueger* és szerzőtársai (2016) is kinyilvánított preferencia vizsgálatokkal és Logit modell alkalmazásával. A kutatások megállapították, hogy a járműtulajdonlás helyett a mobilitási szolgáltatásokhoz való hozzáférés kerül előtérbe, illetve, hogy a változatos és kombinált szolgáltatások az eddiginél összetettebb rendszertervezési és üzemeltetési módszereket, valamint információkezelést igényelnek. *Raphael Lamotte* és szerzőtársai (2017) megállapították, hogy a helyfoglalások bevezetésének következtében az utazási igények valamennyi jellemzője ismert, ezért azokhoz a kapacitások pontosabban illeszthetők; továbbá, a dinamikus tarifarendszer az aktuális keresleti-kínálati jellemzők összerendezésének hatékony eszköze. A felhasználói elvárásokkal számos kutató foglalkozik; a legjelentősebb eredményeket *Adriano Alessandrini* és szerzőtársai (2014), *William Payre* és szerzőtársai (2014), *Kara M. Kockelman* és szerzőtársai (2016), továbbá *Prateek Bansal* és szerzőtársai (2016) mutatták fel. Megállapították, hogy a keresleti jellemzők (pl. preferált szolgáltatástípus, gyaloglási hajlandóság, elfogadott díjak mértéke) jelentősen megváltoznak az új utazói csoportok és az új mobilitási lehetőségek hatására, ami kihat a forgalmi paraméterekre és az infrastruktúrára is. A parkolásgazdálkodás és a városi térhasználat átalakulására vonatkozóan közöltek eredményeket *Adriano Alessandrini* és szerzőtársai (2015), valamint *Wenwen Zhang* és szerzőtársai (2015) publikációikban.

Az autonóm járművek társadalmi elfogadottságára vonatkozó tudományos megállapításokat *Sina Nordhoff* és szerzőtársai (2016, 2018) tették közzé. A személyes jellemzők hatásának vizsgálata során megállapították, hogy a technológiailag nyitott, fiatal utazók nagyobb arányban fogadják el az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatásokat; továbbá kedvezően fogadják a kis kapacitású járművekkel megvalósított ráhordó funkciót a nagy kapacitású közösségi közlekedési eszközökre. Az utazói viselkedés vizsgálata során *Ruth Madigan* és szerzőtársai (2016) az érzékelt hasznosságot és a használat egyszerűségét találták a módválasztást befolyásoló legfontosabb tényezőknek. Az utazói felmérések általában csak egy-egy részterületre vonatkoznak, nem terjednek ki a mobilitási

szolgáltatással összefüggő valamennyi területre. Az autonóm járművek hatására bekövetkező modal-share változást vizsgáló tanulmányok két csoportra bonthatók. A szakértői becsléssel meghatározott változatok forgalomszimulációja megközelítés alkalmazók közül *Dimitris Milakis* és szerzőtársai (2017), *Rita Cyganski* és szerzőtársai (2018), továbbá *Yu Shen* és szerzőtársai (2018) által elért eredmények emelkednek ki. A felhasználói elvárások elemzése terén *Luis M. Martinez* és *José Manuel Viegas* (2017), *Ana T. Moreno* és szerzőtársai (2018), továbbá *Joseph Kamel* és szerzőtársai (2019) értek el jelentős eredményeket.

Számos kutatás foglalkozik a multimodális és a személyreszabott útvonaltervezés fejlesztésével. Ezek közül kiemelendők az újszerűség, a számos figyelembe vett személyreszabási és értékelési szempont, valamint a kidolgozott megoldások kiterjedt funkcionalitása miatt *Vassilis Spitadakis* és *Maria Fostieri* (2012), valamint *Saeed Nadi* és *Mahmoud Reza Delavar* (2011) publikációi. A példaértékű multimodális alkalmazások már az egyéb közlekedési funkciókra és a foglalatásokra is kiterjednek, azonban a többségükönél kevés a személyre szabható beállítás. *Hooi Ling Khoo* és *K. S. Asitha* (2016) a mobil alkalmazások fejlesztésére vonatkozó utazói elvárásokkal és a közölt információknak az utazói viselkedésre gyakorolt hatásával kapcsolatos kutatási eredményeiket foglalták össze. Számos publikációban foglalkoztak az utasforgalmi létesítmények (pl. metró-, vasútállomás) belső kialakításának adatmodellezésével. Ezek közül *Jean-Claude Thill* és szerzőtársainak (2011) háromdimenziós modellezési eredményei emelendők ki. Mégis, a jelenlegi utazástervezőknél többnyire hiányzik a belső kialakítás figyelembevétele, ami nélkül az útvonaltervek kevésbé pontosak.

Az utazók személyes elvárásainak, a döntéseiknek, valamint az (előrejelzett) információk utazói szokásokra és a módválasztásra gyakorolt hatásának kutatása is kiterjedt. Ezen a területen *Jan-Willem Grotenhuis* és szerzőtársai (2007), továbbá *Susan Kenyon* és *Glenn Lyons* (2003) értek el kiemelkedő eredményeket. Az utazástervező alkalmazások, valamint az útvonaltervek értékelése és összehasonlítása a legtöbb tudományos munkában leíró jellegű. Ezidáig hiányoztak a kvantitatív értékelési módszerek és az ehhez szükséges szempontrendszer.

A nagymértetű rendszerekkel kapcsolatos fogalmakat *Brian Wilson* definiálta könyvében (1984), aki összefoglalta a rendszerek elemzésével és tervezésével összefüggő módszereket és ismertetette az alkalmazási területeket. A személyközlekedési rendszer összetett, mely részrendszerekre és alrendszerekre bontható. A rendszerelméleti ismeretek már elérték azt a fejlettségi szintet, hogy az egész személyközlekedés hatékonyságát és az utazói elégedettséget tegyék a rendszertervezés központi feladatává. Azonban a tudásbázis bővítése csak mérsékelten képes lépést tartani a gyors technológiai fejlődéssel. A közlekedési információs rendszerek összetett szempontok szerinti elemzésével és az integrációval foglalkozó tudományos publikációk száma viszonylag alacsony. Ennek oka, hogy a rendszerfejlesztő cégek többnyire csak egy-egy gyakorlati fejlesztésre fókuszálnak és a kezelt adatok többcélú felhasználásával csak mérsékelten foglalkoznak. A keletkező dokumentációk, amelyek jelentős része nem tudományos igényességű, gyakran üzleti titoknak minősül. A kiadott kézikönyvek, specifikációk, műszaki leírások sok esetben „ipari” alkalmazásra készülnek vagy marketing célból jelennek meg. *Általában hiányoznak a teljes közlekedési rendszert egy egészként kezelő rendszerszemléletű kutatási eredmények.*

2. Alkalmazott tudományos kutatási és vizsgálati módszerek

A kutatási módszerek széles körét alkalmaztam, melyek közül a legfontosabbak a következők:

Alkalmazott informatikai módszerek

adatmodell készítés és elemzés,
adadbányászati módszerek,
algoritmus elemzés, fejlesztés,
térinformatikai eljárások,
térbeli elemzések,

Kvalitatív elemzési módszerek

utazói kérdőíves elemzések,
interjúkészítés,
utazói viselkedés elemzése,

Matematikai statisztikai módszerek

halmazelmélet, kombinatorika,
korrelációelemzés, regresszióelemzés,
klaszterezési eljárások,
sorbanállási modellek,
előrejelzési módszerek,

Analitikus matematikai módszerek

gráfelméleti módszerek,
lineáris algebra, pontozásos módszerek
többkritériumos elemzések.

Az információkezelési folyamatok elemzését és modellezését a helyváltoztatási folyamatok elemzésével összefüggésben végeztem el. Az információs rendszerek legfontosabb *összetevő típusai*:

- információ (adatbázis),
- információkezelő alrendszerek vagy elemek (ideértve az emberi és a gépi összetevőket is),
- információkezelési funkciók.

Az információkezelési műveletek szabályozókörbé rendezhetők, melynek részfolyamatai: információgyűjtés, -átvitel, -tárolás, -feldolgozás, -felhasználás. A ciklusidő a támogatott tevékenység jellegétől függően eltérő; például a tervezésnél viszonylag hosszú, míg az operatív irányítás során lényegesen rövidebb. Az információkezelést az időbeli jellemzői mellett a „kiterjedtsége” is jellemzi. Vonatkozhat a közlekedési rendszer egy-egy elemére, alrendszerére, vagy a teljes rendszerre, illetve azon túl is mutathat (pl. a közlekedés beillesztése az okos város kapcsolatrendszerébe). A kiterjedtség az elérendő céloktól és azok hierarchiájától függ. Az elemzés és a modellezés aggregált vagy elemi megközelítésben végezhető el; ez utóbbi esetben a felbontást addig fokozzuk, míg az elemekig el nem jutunk. Az elemi megközelítés a meglévő és új rendszerek elemzésekor, értékelésekor és tervezésekor elengedhetetlen.

A kutatási feladatoknál, különös figyelmet fordítottam a kidolgozott módszerek alkalmazhatóságára. Ezért a módszereket úgy alakítottam ki, hogy azoknál a rendelkezésre álló adatforrásokat építsem be bemenő adatként. A részterületek kutatása során kiemelt hangsúlyt fektettem az információtartalom alapján az adatrögzítés és a fizikai folyamatok jellemzőinek feltárására. Jelentős kihívást jelentett a többféle forrásból származó, heterogén adatok együttes felhasználása és a kapcsolatok azonosítása.

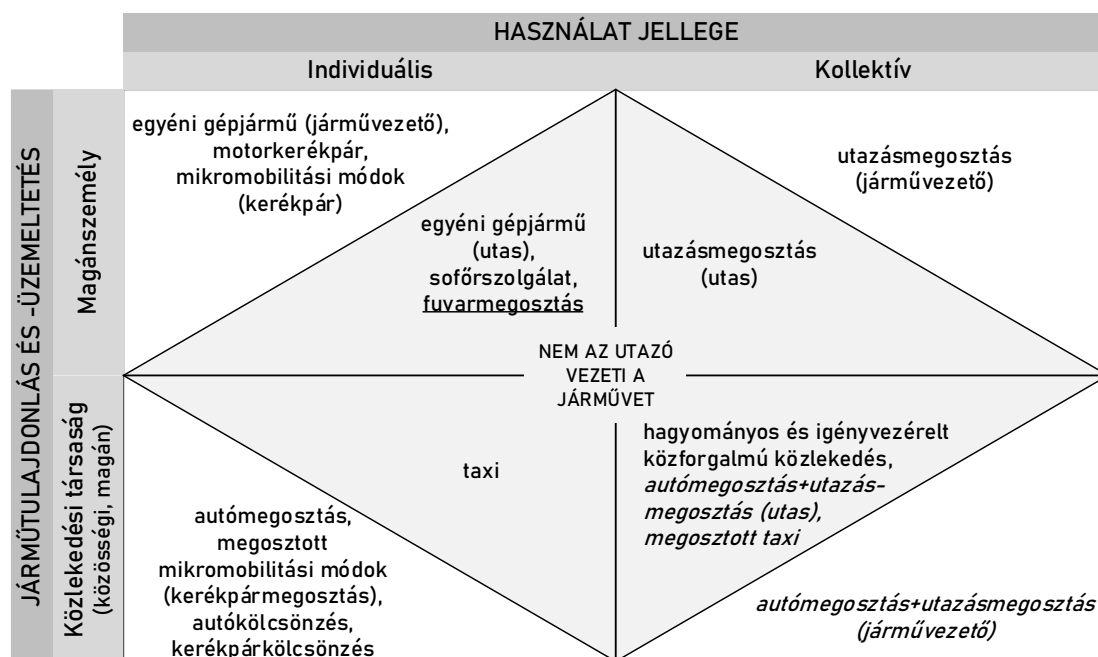
3. Új tudományos eredmények

1. tézis

Hiányosságok tapasztalhatók a mobilitási szolgáltatások összekapcsolása és a módválasztást segítő, személyre szabott információs szolgáltatások területén. Ezért a közlekedési kereslet kiszolgálása gyakran nem a legmegfelelőbb módokkal történik. Ennek következtében az egyéni és a társadalmi hasznosság, valamint az utazói elégedettség is alacsonyabb. Általában hiányoznak a teljes közlekedési rendszert egy egésként kezelő rendszerszemléletű kutatási eredmények.

1. tézis: *Bevezettem a személyközlekedési rendszer szerkezeti és működési modell típusait. Kidolgoztam a személyközlekedési rendszerek és a mobilitási szolgáltatások elemzésének általános szempontrendszerét. Megállapítottam, hogy a jelenlegi, és a jövőbeli közlekedési módokkal nyújtott kínálat is illeszthető a keresleti jellemzőkhöz. Ezért a kereslet és a kínálat összerendezésének egyre fontosabb eszköze az integrált információkezelés.*

1. Modelleztem a személyközlekedési rendszert. Kidolgoztam a szakterületek rendszerszemléletű modelljét.
2. Megállapítottam, hogy az átmeneti közlekedési módok a kiszolgálási minőség (rugalmasság) jellemzőket tekintve közel folytonos átmenetet képeznek az egyéni személygépkocsi használat és a hagyományos közforgalmú közlekedés között. Rámutattam, hogy az átmeneti közlekedési módok alkalmazásával a személyközlekedési rendszer kapacitáskihasználása jelentősen növelhető. A jövőben a közlekedési módok egy részét kiváltja az új, jellemzően kereslet alapú, infokommunikációs bázisú, mobil alkalmazáson előzetes rendeléssel igénybe vehető, megosztott, kis kapacitású autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatás. Az információkezelés fejlődésének következtében a személyközlekedés egyre inkább adaptív és dinamikus rendszerré alakul át.



A jelenlegi személyközlekedési módok csoportosítása

		HASZNÁLAT JELLEGE	
		Individuális	Kollektív
JÁRMŰTULAJDONLÁS ÉS -ÜZEMELTETÉS	Magánszemély	motorkerékpár, mikromobilitási módok (kerékpár) (1)	igényvezérelt és igényalapú megosztott mobilitási szolgáltatás kis kapacitású járművekkel
	Mobilitási szolgáltató (túrszervező)	egyéni gépjármű (utas) (2)	
JÁRMŰTULAJDONLÁS ÉS -ÜZEMELTETÉS	Közlekedési társaság (közösségi, magán)	taxi megosztott mikromobilitási módok (bike-sharing), kerékpárkölcsönzés (3)	mobilitási szolgáltatás nagy kapacitású járművekkel

A jövőbeli személyközlekedési módok csoportosítása

3. Bevezettem a mobilitás, mint szolgáltatás (MaaS) kibővített minőségi hurok modelljét. Kidolgoztam a minőségelemzési informatikai modellt, amely az elemzési feladatokhoz használandó adatbázisokat és azok kapcsolatát mutatja meg. A közforgalmú közlekedési menetrendszerűség elemzéséhez és előrejelzéséhez adatbázis-kezelésen alapuló módszert fejlesztettem.

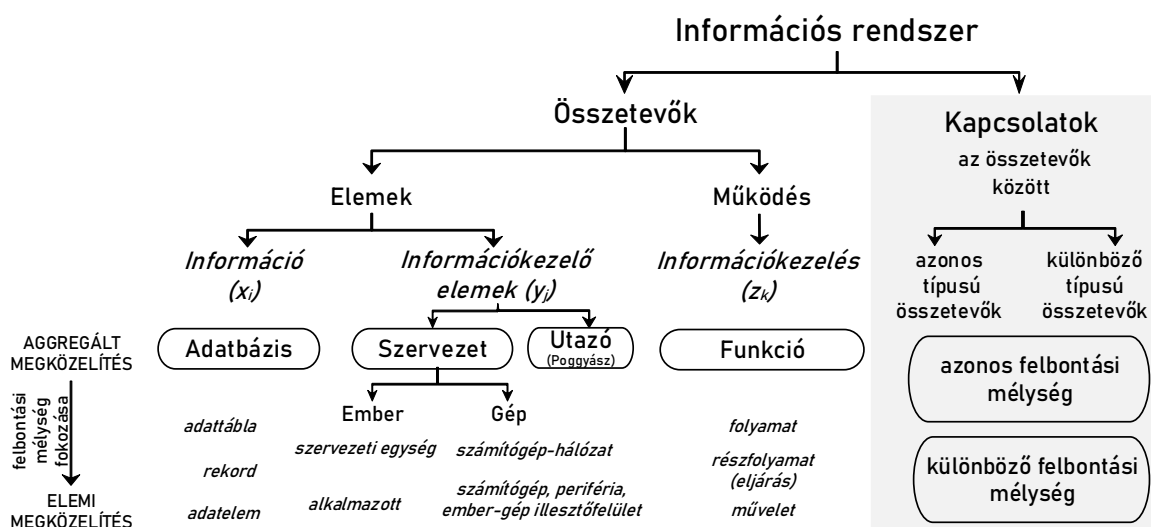
A fejezet eredményeihez és a tézishez kapcsolódó publikációk: (Csiszár 2004b, 2006a, 2006b, 2006c, 2008, 2009a, 2019), (Csiszár és Sándor, 2017), (Csonka és Csiszár, 2015a, 2015b, 2016a), (Gyürüs et al., 2008a), (He and Csiszár, 2020b), (Németh és Csiszár, 2009), (Sándor és Csiszár, 2013), (Válóczi és Csiszár, 2011a).

2. tézis

A személyközlekedés fejlesztésének meghatározó eleme az információs rendszerek integrált szemléletű fejlesztése. Az integráció célja a szolgáltatási minőség javítása, az erőforrásráfordítás-hatékonyság növelése, valamint több részrendszerre, illetve a teljes rendszerre vonatkozó új komplex funkciók kialakítása. Ezidáig hiányoztak az ehhez szükséges informatikai elemzési és modellezési módszerek. Az alrendszereket tekintve, hiányzott a parkolási információs rendszerek integrációjának a tudományos megalapozása. Továbbá, a kutatási eredmények között alig található a légiközlekedési alágazatra vonatkozó publikáció.

2. tézis: A személyközlekedési információs rendszerek fejlesztését és integrációját támogató elemzési és modellezési módszereket fejlesztettem, amelyek alkalmazásával a közlekedési rendszerek és folyamatok egyre kisebb összetevőkre bonthatók fel, így az információs leképezéssel jobban megközelíthető a valóság. Az informatikai integráció általános módszereit a teljes személyközlekedési rendszerre, több alágazatra és közlekedési módra alkalmaztam. A módszerek az áruszállítási rendszerek informatikai integrációs feladatainál is hasznosíthatók.

1. Meghatároztam a közlekedésinformatikai elemzés és modellezés szempontjait és definiáltam az összetevők felbontási szintjeit. Bevezettem az információszerkezeti és információáramlási táblázatokat. A három fő összetevőtípus (információ, információkezelő elem, információkezelés) összefüggéseinek ábrázolásához háromdimenziós térbeli modellt vezettem be, amely alapján „háromdimenziós” elemzések végezhetők.



A közlekedési információs rendszerek elemzési és modellezési szempontjai;
az összetevők felbontási szintjei

2. Azonosítottam és csoportosítottam a személyközlekedési informatika alkalmazási, beavatkozási és hatásterületeit. Kidolgoztam az integrált személyközlekedési információs rendszer modelljét. Megállapítottam, hogy magasfokú integráltság esetén a közlekedési szolgáltató társaságok, az infrastruktúra üzemeltető társaságok és az egyéb közlekedési szervezetek feladatainak egy jelentős része átkerül („feljebb tolódik”) a mobilitásirányító szervezethez és információkezelési szempontból elmosódnak a határok a szervezetek között.
3. Kidolgoztam az integrált parkolási információs rendszer szerkezeti és működési modelljeit. Ehhez illesztettem a parkolást támogató, személyre szabott információs szolgáltatás koncepcióját, aminek részeként parkolóhely-választást segítő eljárást fejlesztettem. Kidolgoztam a légi személyszállítási integrált információs rendszer modelljét. A végberendezés-funkciótípus közötti réteghez illesztettem az integrált légi utasinformációs alkalmazás funkcionális modelljét.

A fejezet eredményeihez és a tézishoz kapcsolódó publikációk: (Csiszár 2000c, 2000d, 2001b, 2003a, 2003b, 2003c, 2003d, 2004a, 2004d, 2005, 2006b, 2006c), (Csiszár és Nagy, 2017), (Csiszár et al., 2018), (Csiszár és Westsik, 1999a), (Csonka és Csiszár, 2019a), (Nagy és Csiszár, 2018), (Németh és Csiszár, 2009), (Sándor és Csiszár, 2010a, 2015a, 2015b, 2015c, 2016), (Soltész et al. 2010, 2011).

3. tézis

A hagyományos járműtől jelentősen eltérő üzemeltetési jellemzőkkel rendelkező elektromos közúti személygépjárművek újszerű döntési helyzeteket idéznek elő a felhasználók és az elektromobilitási rendszer többi szereplője számára. A töltés jelenti a legnagyobb eltérést. Rendszerszemléletű, többlépéses, töltési igény számító módszer ezidáig nem állt rendelkezésre. Olyan, pont- és szakasz-orientált kombinált töltőpont kijelölő módszert, amely olyan esetekben is használható, amikor a közlekedési áramlatok (pl. honnan-hová utazások) adatai nem hozzáférhetők, továbbá amely figyelembe veszi a potenciális helyszínek szolgáltatási színvonalát is, ezidáig nem dolgoztak ki. Hiányzott a nagyobb terület egységeknél a városi publikus

töltési igény nagysága alapján történő makró szintű értékelő eljárása; továbbá, egy olyan mezo szintű értékelő eljárás is, ami a parkolási jellemzők alapján rendeli a töltési igényeket a helyszíntípusokhoz, majd ez alapján értékeli a kisebb területegységeket. Kétszintű értékelést sem alkalmaztak korábban. A töltési terv optimalizáló módszerek a járművek töltési igényét, a közlekedési igények sajátosságait és a felhasználói elvárásokat vagy elnagyolva, vagy csak részben vagy egyáltalán nem veszik figyelembe.

3. tézis: A közúti elektromobilitást, elsősorban a töltőpontok helyszínének kijelölését és a töltési folyamatokat támogató, informatikai módszereket vezettem be, melyek alkalmazásával fokozható az üzemeltetési hatékonyság és az utazói elégedettség. A módszerek más alternatív energiaforrások esetében és más közlekedési módokra is adaptálhatók.

1. Kidolgoztam az elektromos közúti gépjárművek töltési igény számítási módszerét, mely adaptálható tetszőleges járműtípusra vagy -flottára, területi egységre, illetve időpontra. A módszer alkalmazhatóságát példaszámítással igazoltam.
2. Módszert dolgoztam ki az országos átjárhatóságot biztosító elektromos villám-töltő-állomások helyszínének kiválasztásához. A lehetséges helyszínek értékeléséhez súlyozott összeg modellt vezettem be. Az értékelés újszerűsége, hogy a honnan-hová járműmozgás adatok helyett a keresztmetszeti forgalomnagyság, a közelben található települések lakosság száma, a szolgáltatások köre és a legközelebbi meglévő töltőállomás elvonzó hatása alapján történik az értékelés. Példán keresztül szemléltettem a módszer térinformatikai alkalmazását.

A töltőtelepítési potenciál értéke (1), (2):

$$IP_j = a_1 x_{1,j} + a_2 x_{2,j} + a_3 x_{3,j} + x_{4,j} \quad (1)$$

$$x_{4,j} = \begin{cases} -5 \cdot (1 - d_{ji}^3 / \alpha^3), & \text{if } d_{ji} \leq \alpha \\ 4, & \text{ha } \alpha < d_{ji} \leq \beta \\ 0, & \text{ha } d_{ji} > \beta \end{cases} \quad (2)$$

Ahol:

- j : helyszín azonosítója, ahol $j=1, \dots, A$ (A : a helyszínek száma),
- IP_j : a j -edik helyszínrre számított töltőtelepítési potenciál,
- $x_{1,j}$: forgalomnagyság értékelő szám,
- $x_{2,j}$: közeli települések teljes lakosság számát értékelő szám,
- $x_{3,j}$: szolgáltatások értékelő száma,
- $x_{4,j}$: a j -edik helyszínhez legközelebbi lévő töltőállomás elvonzó hatása,
- a_i : x_i ($i=1,2,3$) értékelő szempontok súlysza, $\sum_i a_i = 1$ és $\forall a_i \geq 0$,
- $d_{i,j}$: a j -edik helyszín és a legközelebbi meglévő vagy már kiválasztott villám-töltő-állomás (i) közötti távolság,
- α, β : a kijelölés során a töltőállomásokkal lefedett terület térbeli terjedését (az állomások egyenletes térbeli eloszlását) befolyásoló paraméterek.

3. Kidolgoztam a városi publikus töltőállomás helyszíneket kijelölő módszert, mely makró és mezo szintű többkritériumos területértékelésen alapul. Makró szinten a járművek számát, a jövedelem nagyságát és a vendégforgalom jelentőségét, mezo szinten a parkolási szokásokat, a lakosságszámot és a beépítettséget vettem figyelembe. Az értékeléshez súlyozott összeg modellt vezettem be. Példákon keresztül szemléltettem a módszer térinformatikai alkalmazását. A kifejlesztett módszer legfőbb előnye, hogy csak statikus, nyilvánosan elérhető területhasználati adatokat és a fő forgalomvonzó létesítményeket veszi figyelembe.

Makró szinten a helyi és a vendég forgalomból származó töltési igényt befolyásoló jellemzők alapján értékeltem és hasonlítottam össze a területegységeket a (3) egyenlet alapján.

$$IP_i = a_1 \cdot \frac{5}{2} \left(\frac{x_{1,i}}{\max(x_1)} + \frac{x_{2,i}}{\max(x_2)} \right) + a_1 \cdot x_{3,i} \quad (3)$$

Ahol:

- IP_i i -edik területegység töltőtelepítési potenciálja, ahol $i=1,...,B$ (B : a területegységek száma),
 $x_{1,i}$ regisztrált elektromos személygépjárművek száma az i -edik területi egységben,
 $x_{2,i}$ átlagos éves jövedelem személyenként az i -edik területi egységben,
 $\max(...)$ legmagasabb értékű területi egységnél a változó értéke,
 $x_{3,i}$ turizmus fontosságát minősítő érték az i -edik területi egységben, értéke 0 és 5 között lehet,
 a_1, a_2 változók súlya. $a_1+a_2=1$, $a_1 \geq 0$ és $a_2 \geq 0$.

Mezo szinten a hatszögeket a nappali, valamint az éjszakai töltési igények alapján értékeltem. A nappali töltési igényt a hatszögben elhelyezkedő gyakran látogatott helyszínek, az éjszakai töltési igényt a lakosságszám és a beépítettség alapján értékeltem. Nemzetközi kérdőíves kutatással helyszíntípusonként vizsgáltam a parkolási gyakoriságot és a parkolási idő értékeket, majd meghatároztam a közterületi töltési igényt (d). A a töltési igények alapján értékelhető egy-egy adott hatszög (4). (A függő és a független változók hatszögek szerinti indexelésétől eltekintettem).

$$Y = b_1 \cdot \frac{5 \cdot \sum d}{\max(\sum d)} + \frac{b_2}{2} \cdot \left[r + \frac{5 \cdot p}{\max(p)} \right] \quad (4)$$

Ahol:

- Y a hatszögben jelentkező töltési igény,
 $\sum d$ a hatszögben lévő forgalomvonzó helyszíntípusokon jelentkező összesített töltési igény [perc/nap],
 r lakóterület kategória értékelő száma [-],
 p hatszög lakosságszáma [fő],
 $\max(...)$ a legmagasabb értékű változó a hatszög területegységei között,
 b_1, b_2 töltéstípusok súlya; $b_1+b_2=1$, $b_1 \geq 0$ és $b_2 \geq 0$.

A *hatszögek töltőtelepítési potenciál értéke* az adott és a gyaloglási hajlandóságon (willingness-to-walk, $w2w$) belül található környező hatszögek töltési igénye szerint számítható (5). A $w2w$ paraméter [m] a hatszög vonzaskörzetének sugara; az a legnagyobb gyaloglási távolság, amit az elektromos jármű használó hajlandó megtenni a töltőállomás és az utazási célja között. Egy hatszög töltőtelepítési potenciálja a töltési igények vonzaskörzeten belüli összesített értékének és azon igényeknek a különbsége, amelyeket a közeli, meglévő töltőállomások szolgálnak ki az elvonzó hatásuk révén.

$$W_q = P \left[Y_q + \sum_s Y_s - \sum_t \left(\frac{Y_t}{2Y_q} \cdot \sum_u Y_{qt,u} \right) \right] \quad (5)$$

Ahol:

W_q q -edik hatszög töltőtelepítési potenciál értéke, ahol $q=1,...,C$

(C : a hatszögek száma),

P parkolási potenciál; $P=0$, ha nincs nyilvános parkolóhely, vagy a töltőtelepítés nem javasolt, minden más esetben $P=1$,

Y_q q -edik hatszögben jelentkező töltési igény,

Y_s a vizsgált q -edik hatszög vonzaskörzetében lévő s -edik hatszögben jelentkező töltési igény,

Y_t a vizsgált q -edik hatszög kétszeres sugarú vonzaskörzetében lévő, töltőállomást tartalmazó t -edik hatszögben jelentkező töltési igény,

$\sum_u Y_{qt,u}$ töltési igények összesített értéke a vizsgált q -edik hatszög és a meglévő t -edik töltőállomás vonzaskörzetének metszetében lévő hatszögekre vonatkozóan.

4. Modelleztem az elektromobilitást támogató integrált információs rendszer működését; az információkezelési funkciókat az elektromos jármű negatív jellemzőiből vezettem le. Decentralizált töltési terv optimalizáló módszert dolgoztam ki, amely támogatja a kétirányú energiaáramot. Eltérő töltési stratégiákat hasonlítottam össze; meghatároztam a visszatáplálást ösztönző változó díjtételek paramétereit. Bemutattam, hogy a módszer alkalmazásával és tudatos felhasználói viselkedéssel csökkenthetők a töltési költségek.

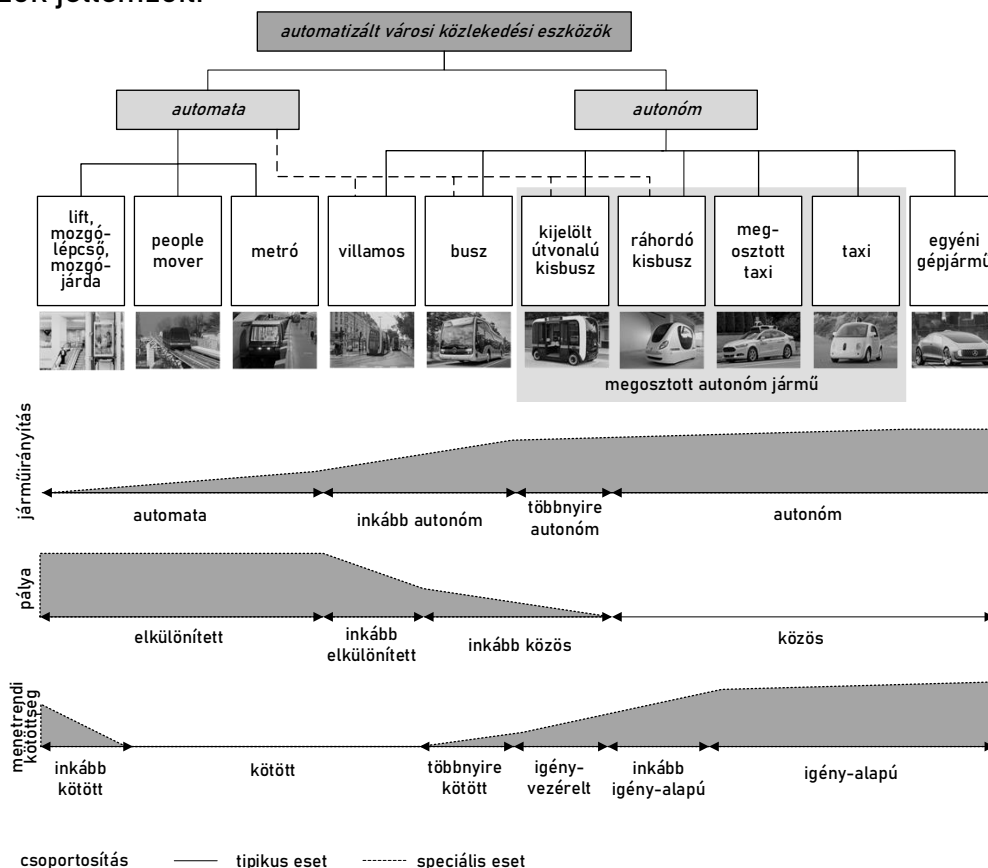
A fejezet eredményeihez és a tézishoz kapcsolódó publikációk: (Csiszár, 2019a), (Csiszár és Pauer, 2019), (Csiszár et al., 2017, 2018, 2019e, 2019f, 2020), (Csonka és Csiszár, 2017, 2019a), (Csonka et al., 2020), (Skrúcaný et al., 2019)

4. tézis

A technológiai fejlődés sok esetben választ ad a társadalmi és a fenntarthatósági elvárásokra, azonban gyakran újabb kihívásokat is előidéz. Az automatizált közúti járművekre épülő közlekedési rendszerek újszerű tervezési, üzemeltetési és információkezelési módszerekkel működtethetők. Az ezzel kapcsolatos utazói felmérések általában csak egy-egy részterületre vonatkoznak, nem terjednek ki a mobilitási szolgáltatással összefüggő valamennyi területre.

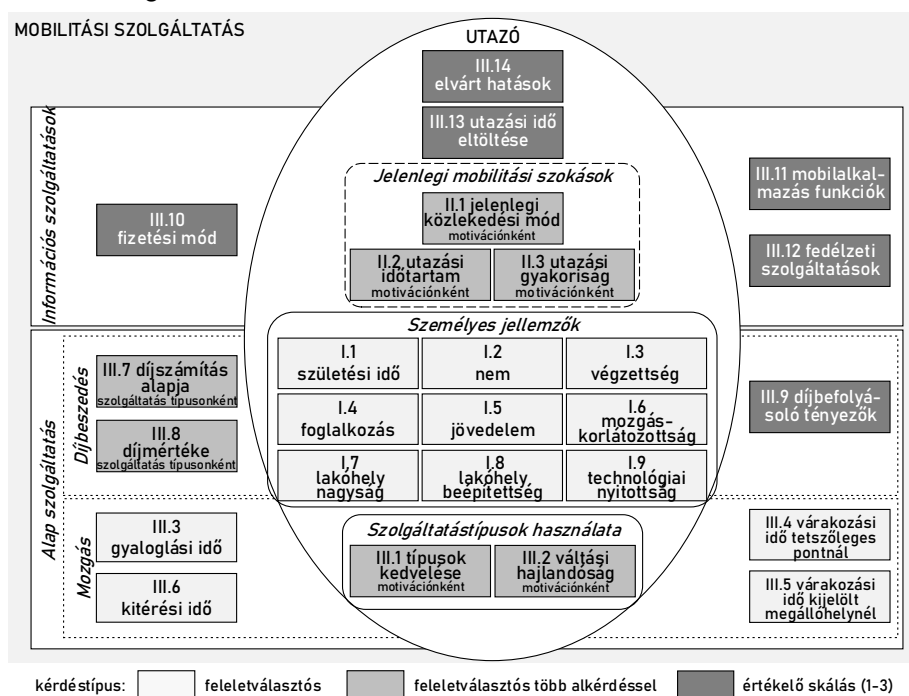
4. tézis: Modelleztem az autonóm közúti járműveket alkalmazó közlekedési rendszer szerkezetét és működését. Megállapítottam, hogy az autonómia relatív fogalom; az autonóm járműves mobilitási szolgáltatás több, eltérő funkciójú irányító központ koordinált együttműködésével valósítható meg; a forgalomirányítási és az üzemirányítási tevékenységek a jövőben szorosabban összekapcsolódnak. A rendszermodellek alapján szimulációs eljárások és döntéselőképzési modellek fejleszthetők.

1. Meghatároztam az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatástípusokat és azok jellemzőit.



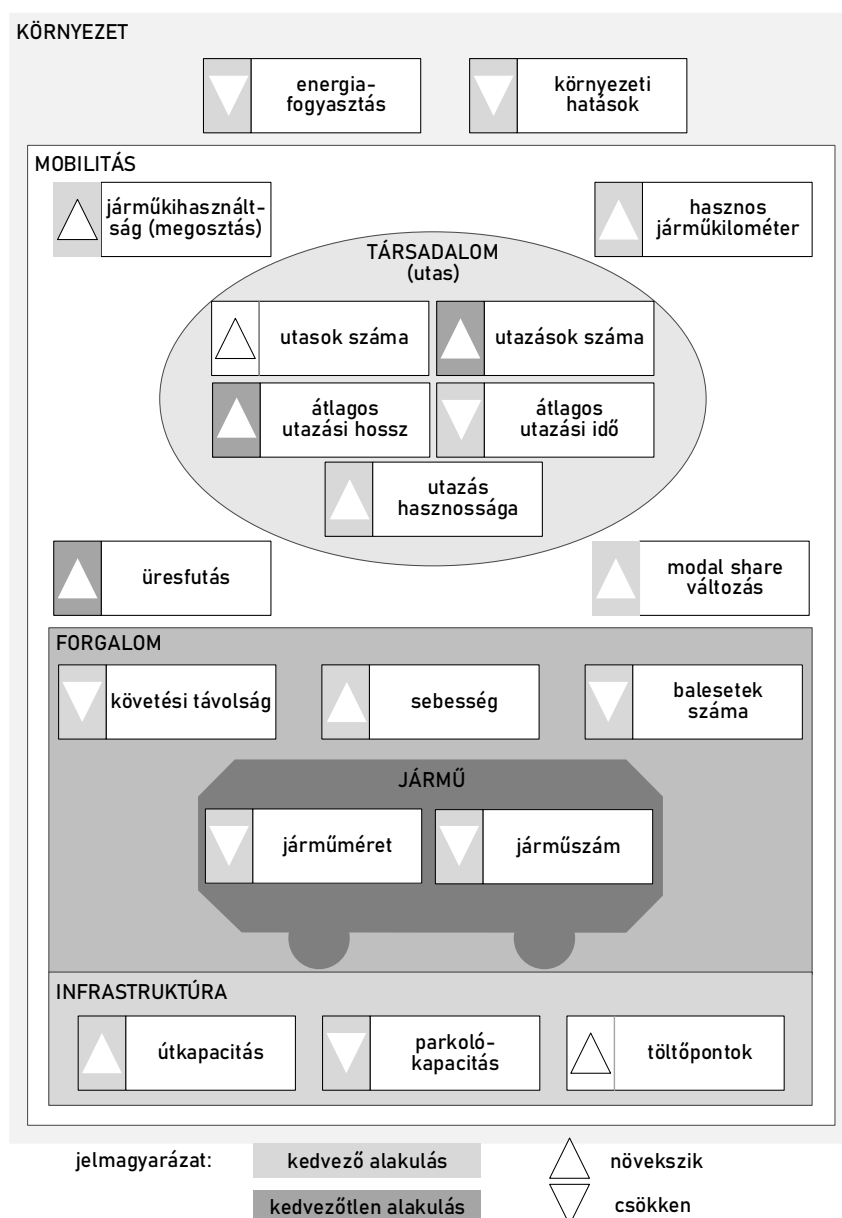
Az automatizált városi közlekedési eszközök és szolgáltatások csoportosítása

2. A felhasználói elvárásokra (kinyilvánított preferencia) vonatkozó (kérdőíves) adatgyűjtő és -feldolgozó módszert fejlesztettem. Az elvárásokat a tervezési funkciók szerint elemeztem. Megállapítottam, hogy az utazók személyes és mobilitási szokásjellemzői jelentősen befolyásolják az autonóm járműves mobilitási szolgáltatásokkal szembeni elvárásokat.



A kérdőív szerkezete

3. A mobilitási szolgáltatások komplex automatizálási szintjét meghatározó módszert dolgoztam ki. A módszerrel szolgáltatástervezési, irányítási és utaskezelési funkciók értékelhetők. Megállapítottam, hogy általában a mobilitási szolgáltatásokat nemcsak bizonyos funkciókra vagy funkció-kategóriákra fókuszáltan, hanem integrált szemléletben fejlesztik; ugyanakkor számos funkciónál jelentős automatizálási potenciált azonosítottam.
4. Kidolgoztam az autonóm járművekre épülő mobilitási szolgáltatás működési modelljét. Rendszerszemléletben azonosítottam a hatásterületeket. A felhasználói elvárásokat figyelembe vevő módszert fejlesztettem a modal share változás kvantitatív meghatározására. Megállapítottam, hogy az egyéni gépjárműhasználat jelentősen csökkenthető rugalmas, megosztott autonóm járműves szolgáltatással.



Az autonóm közúti járműves mobilitási szolgáltatások várható hatásai

A fejezet eredményeihez és a tézishoz kapcsolódó publikációk: (Csiszár és Földes, 2018a), (Csiszár and Zarkeshev, 2017), (Csiszár et al., 2019d), (Nagy és Csiszár, 2013a, 2013b), (Szigeti et al., 2017), (Zarkeshev and Csiszár, 2019a, 2019b, 2020).

5. tézis

Az innovatív személyközlekedési rendszerek és az utazók kölcsönösen hatnak egymásra. Az utazói viselkedés és döntések megismerésével, a befolyásoló információs szolgáltatások (tovább)fejlesztésével ez a kölcsönhatás alakítható. Az utazót támogató mobilalkalmazásoknál kevés a személyre szabható beállítás. Az utazástervezőknél többnyire hiányzik az utaforgalmi létesítmény belső kialakításának figyelembevétele, ami nélkül az útvonaltervek kevésbé pontosak. Az utazástervező alkalmazások, valamint az útvonaltervek értékelése és összehasonlítása a legtöbb tudományos munkában leíró jellegű. Ezidáig hiányoztak a kvantitatív értékelési módszerek és az ehhez szükséges szempontrendszerek.

5. tézis: Az utazói döntéseket befolyásoló információs rendszerek és szolgáltatások fejlesztését támogató modelleket és módszereket dolgoztam ki. Alkalmazásukkal a személyközlekedési rendszer működtetési célkitűzései szerinti keresletbefolyásolás érhető el. Továbbá, az új közlekedési megoldások elfogadottsága és használati eredménye is fokozható.

1. Kidolgoztam a multimodális mobilitásszervező és -irányító rendszer működési és funkcionális modelljeit. Azonosítottam és csoportosítottam az eljutási lehetőség választást befolyásoló tényezőket.
2. Bevezettem az utazót támogató mobilalkalmazások elemzési szempontrendszerét, különös tekintettel a személyre szabási beállításokra. Többkritériumos módszert dolgoztam ki az utazástervező alkalmazások értékeléséhez a fejlesztési lehetőségek azonosítása érdekében. Kifejlesztettem a multimodális útvonaltervek értékelő módszerét, mely a fizikai jellemzők és az utazói elvárások alapján adja meg a hálózati elemekhez az érzékelt időt, mint ráfordítási értéket.

Az útvonaltervet minősítő ráfordítási érték (r) a helyváltoztatási fázisokhoz tartozó érzékelt időértékek összege (6):

$$r = t' + t'' + t''' \quad (6)$$

Jelölések:

- t' rágyaloglás érzékelt időértéke,
- t'' várakozás és utazás érzékelt időértéke,
- t''' elgyaloglás érzékelt időértéke.

A rágyaloglási fázis (t') érzékelt időértéke (7):

$$t' = (t_w' + t_o' + t_c') \cdot x_d' \quad (7)$$

Jelölések:

- t_w' a síkvidéki gyaloglás ideje (utcán és utasforgalmi létesítményben) [s],
- t_o' akadályok leküzdésének érzékelt időszükséglete [s],
- t_c' az úttest keresztezések érzékelt időszükséglete [s],
- x_d' mozgásukban korlátozottak korrekciós tényezője.

A várakozási és utazási fázis (//) érzékelt időértéke (8):

$$t'' = t_r(t) \cdot x_s + t_t \cdot x_v + Y \quad (8)$$

Jelölések:

- $t_r(t)$ a megállóban/peronon történő várakozás ideje [s],
- x_s az érzékelt várakozási időt befolyásoló korrekciós tényező,
- t_t a jármű menetideje (menetrendi, statikus adat) [s],
- x_v a járművet minősítő korrekciós tényező,
- Y átszállások miatti tényező (leképezi az egyes eszközökhöz tartozó időelemeket és a közvetlen utazás hiányából adódó kényelmetlenséget).

A megállóban/peronon történő várakozás ideje dinamikus változó, mivel függ a várakozás megkezdésének időpontjától és a jármű érkezési idejétől. Az elgyaloglási fázis (///) érzékelt időértéke hasonlóan számítandó, mint rágyaloglásnál. Az időtényezőket a mozgási műveletek és a közlekedési hálózati elemek szerint bontottam tovább, míg el nem jutottam az elemi összetevőig. Hasonlóan több összetevőre bontottam a „zavarás mértékét” kifejező korrekciós tényezőket is az érzékelt minőséget befolyásoló ismérvek szerint.

3. Bevezettem az utaskezelési funkciók automatizálásának jelentőségét és az emberi képességek igénybevételének változását értékelő módszert. Megállapítottam, hogy a gépi támogatás és az automatizálás hatására az igényelt humán kognitív kapacitás mértéke csökken, az okoseszköz kezelésével összefüggő képességek jelentősége fokozódik. A módszerek a rendszerfejlesztési követelmények meghatározásához, valamint az utasoldali hatások becslésére használhatók.

A fejezet eredményeihez és a tézishez kapcsolódó publikációk: *(Cserhádi és Csiszár 2016a, 2016b), (Csiszár 1999b, 2004e), (Esztergár-Kiss és Csiszár, 2012a, 2015, 2016a, 2016b), (Földes és Csiszár, 2015a, 2016e, 2018a), (He and Csiszár, 2020a), (Karádi et al. 2015b, 2016), (Nagy és Csiszár, 2015, 2017), (Tóth és Csiszár, 2000).*

4. Az új tudományos eredmények hasznosíthatósága és hasznosítása

A bemutatott tézisekhez a publikációk mellett a témavezetésemmel készült PhD értekezések, TDK dolgozatok, diplomatervek és szakdolgozatok is hozzárendelhetők. Az elért *új tudományos eredményeket* sikeresen hasznosítottuk kutatási projekteken és megbízási munkák során.

Elméleti jelentőség

Az innovatív technológiák és a változó társadalmi, környezeti stb. elvárások közlekedési rendszerre gyakorolt hatásának kutatásával, új összközlekedési és alágazat-specifikus eredményeket felmutatva *bővítettem a közlekedéstudomány ismeretanyagát*, különös tekintettel az informatikai integrációra. A tématerület egyre fokozódó komplexitása, valamint a folyamatos változás miatt időtálló modellek és módszerek kidolgozására törekedtem; *különös figyelmet fordítottam a járműtudomány és a közlekedéstudomány egyre intenzívebb kapcsolatára* és az egységes szemlélet megerősítésére. Eredményeim hozzájárulnak a közlekedési rendszerben bekövetkező változások elősegítéséhez és a változásokra való felkészüléshez. A rendszermodellek alapján szimulációs eljárások és döntéselőkészítési modellek fejleszthetők, melyek a forgatókönyvek szerinti feltételezett vagy becsült paraméterértékek szerint a jövőbeli helyzetet bemutatva, a fejlesztéseket számszerű eredményekkel alapozzák meg. Az összközlekedési és komplex szemléletű törekvéseimnek köszönhetően, bár nagyobb arányban és részleteiben a személyközlekedéssel foglalkoztam, az áruszállítás és különösen a városi logisztika vonatkozásai „panelszerűen” beilleszthetők az általam kialakított keretrendszerbe részletesebb vizsgálatok és kutatások után.

Gyakorlati hasznosulás

A kutatási eredmények a személyközlekedési rendszer- és szolgáltatásfejlesztési projektek informatikai alapú értékelését, döntéstámogatását és tervezését, illetve az üzemeltetést segítik műszaki, társadalmi, gazdasági és környezeti szempontok szerint. A kidolgozott modellek és módszerek megalapozzák a rendszerspecifikációk, majd a rendszertervek elkészítését, továbbá támogatják a közlekedési szervezetek átalakítását. Az integrált információs rendszerek és az utazók modelljei az információs szolgáltatások tervezésekor, az utazói viselkedés megismeréséhez és befolyásolásához, illetve az automatizálási folyamatokra való felkészítésnél hasznosíthatók.

Oktatási alkalmazás

Az új tudományos eredményeket beépítettem a Tanszéken oktatott tantárgyak (Közlekedési információs rendszerek I-II, Közlekedési informatika, Személyközlekedés) korszerűsített, magyar és angol nyelvű anyagaiba. Az eredményeket felhasználtuk a Közlekedési információs rendszerek c. egyetemi jegyzet, az Innovative Transportation Systems c. angol nyelvű egyetemi tankönyv, valamint a Reshaped Urban Mobility c. angol nyelvű könyvfejezet megírásakor (Csiszár et al., 2018, 2019a, 2019b). A modelleknek, a módszereknek és az értékelési eljárásoknak az oktatásával a hallgatók elsajátítják a rendszer- és folyamatszemléletű gondolkodásmódot. Az adatbázis elemzési módszerek fejlesztésének a gyakorlati oktatásban van kiemelt jelentősége.

5. Az értekezés témaköréből írt publikációk jegyzéke

Csak az értekezés témaköréhez kapcsolódó legfontosabb publikációkat soroltam fel.

- Cserhádi, B., Csiszár, Cs. (2016a): Conception of Personalized Parking Assistant Application. *Periodica Polytechnica-Civil Engineering*. 60(2): 181-188. DOI:10.3311/PPci.7679, IF: 0,313
- Cserhádi, B., Csiszár, Cs. (2016b): Személyre szabott parkolást támogató alkalmazás koncepciója. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVI (2): 31-42.
- Csiszár, Cs. (1999b): Számítógépes útitervkészítés az agglomeráció közforgalmú közlekedésében. *Városi Közlekedés*. XXXIX (3): 138-142.
- Csiszár, Cs. (2000c): Az integrált, intelligens utastájékoztató és információellátás rendszertechnikai modellje. *Közlekedéstudományi Szemle*. L (5): 161-174.
- Csiszár, Cs. (2000d): Városi közlekedésmenedzsment integrált, telematikai rendszerrel. *Városi Közlekedés*. XL (4): 224-238.
- Csiszár, Cs. (2001b): Az integrált intelligens utasinformatikai rendszer kialakulásának előzményei és alapjai. *Városi Közlekedés*. XLI (6): 360-366.
- Csiszár, Cs. (2003a): Az integrált, intelligens utasinformatikai rendszerrel alkalmazott hardver megoldások és azok általános modellje. *Közlekedéstudományi Szemle*. LIII (1): 21-32.
- Csiszár, Cs. (2003b): Az integrált, intelligens utasinformatikai rendszerrel alkalmazott szoftver eszközök és fő jellemzőik. *Közlekedéstudományi Szemle*. LIII (2): 60-64.
- Csiszár, Cs. (2003c): Az integrált intelligens utasinformatikai rendszer gyakorlati megvalósítása. *Városi Közlekedés*. XLIII (4): 216-222.
- Csiszár, Cs. (2003d): Model of Integrated Intelligent Passenger Information Systems. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 31 (1-2): 17-44. DOI: 10.3311/pp.tr.2003-1-2.02
- Csiszár, Cs. (2004a): Integrált díjbeszedő rendszer a személyközlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*. LIV (12): 459-469.
- Csiszár, Cs. (2004b): A telematikai alkalmazások fejlődési irányai a közforgalmú közlekedésben. *Városi Közlekedés*. XLIV (6): 325-331.
- Csiszár, Cs. (2004d): Nagy települések személyforgalmának integrált dinamikus irányítása telematikai eszközökkel. *Városi Közlekedés*. XLIV (2): 84-97.
- Csiszár, Cs. (2004e): Elektronikus utastájékoztató rendszerek a helyi közösségi közlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*. LIV (4): 147-155.
- Csiszár, Cs. (2005): Repülőtéri taxiforgalmat szabályozó telematikai rendszer. *Városi Közlekedés*. XLV (5): 280-287.
- Csiszár, Cs. (2006a): A biztonság fokozása telematikai rendszerekkel a közforgalmú közlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*. LVI (1): 7-17.
- Csiszár, Cs. (2006b): Telematikailag irányított térben-időben rugalmas közforgalmú közlekedés. *Városi Közlekedés*. XLVI (3): 151-161.
- Csiszár, Cs. (2006c): Telematikailag integrált személyközlekedés. *Közlekedéstudományi Szemle*. LVI (12): 447-457.
- Csiszár, Cs. (2008): Tömegközlekedési minőségjavító intézkedések telematikai eszközökkel. *Városi Közlekedés*. XLVIII (2): 78-84.
- Csiszár, Cs. (2009a): Telematikai alapokon működő car-sharing rendszer. *Városi Közlekedés*. XLIX (4): 213-220.
- Csiszár, Cs. (2019a): Demand Calculation Method for Electric Vehicle Charging Station Locating and Deployment. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 63(1):255-265. DOI:10.3311/PPci.13330,IF: 0,976
- Csiszár, Cs. (2019b): Innovatív személyközlekedési rendszerek és mobilitási szolgáltatások. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXIX (1): 14-23. DOI: 10.24228/KTSZ.2019.1.2
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D. (2019a): Innovative Passenger Transportation Systems. Akadémia Kiadó, Budapest, DOI: 10.1556/9789630599412
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Dán, A., Farkas, Cs., Prikler, L. (2017): Az e-mobilitáshoz kapcsolódó közép- és hosszú távú villamos hálózati hatások. *Elektrotechnika*. 110 (9): 14-17.
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Lovas, T., Wirth, E. (2018): Az országos átjárhatóságot biztosító elektromos villámtöltő-állomások helyszínét kijelölő módszer. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVIII (1): 14-25. DOI: 10.24228/KTSZ.2018.1.2
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Wirth, E., Lovas, T. (2019e): Urban Public Charging Station Locating Method for Electric Vehicles Based on Land Use Approach. *Journal of Transport Geography*, 74: 173-180; DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2018.11.016, IF: 3,56

- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Wirth, E., Lovas, T. (2020): Location Optimisation Method for Fast-Charging Stations Along National Roads. *Journal of Transport Geography*, DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2020.102833 IF: 3,834
- Csiszár, Cs., Csonka, B., Földes, D., Wirth, E., Lovas, T. (2019f): Városi elektromos töltőállomások helyszínét kijelölő módszer. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXIX (3): 5-18. DOI: 10.24228/KTSZ.2019.3.1
- Csiszár, Cs., Földes, D. (2018a): System Model for Autonomous Road Freight Transportation. *Promet-Traffic&Transportation*. 30(1): 93-103; DOI:10.7307/ptt.v30i1.2566, IF: 0,768
- Csiszár, Cs., Földes, D., Csonka, B. (2018): Közlekedési információs rendszerek. Akadémia Kiadó, Budapest, DOI: 10.1556/9789634543053,
- Csiszár, Cs., Földes, D., He, Y. (2019b): Reshaped Urban Mobility. Könyvfejezet in: Urban Design, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.89211
- Csiszár, Cs., Földes, D., Tettamanti, T. (2019): Mobilitási szolgáltatások komplex automatizálási szintjei. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXIX (4): 33-48. DOI: 10.24228/KTSZ.2019.4.3
- Csiszár, Cs., Nagy, E. (2017): Model of Integrated Air Passenger Information System and its Adaptation to Budapest Airport. *Journal of Air Transport Management*. 64PA (33-41). DOI: 10.1016/j.jairtraman.2017.06.022; JATM1473, IF: 2,038
- Csiszár, Cs., Pauer, G. (2019): Concept of an Integrated Mobile Application Aiding Electromobility. *Transport Journal*. 34 (2): 187-194. <https://doi.org/10.3846/transport.2019.8629>, IF: 1,524
- Csiszár, Cs., Sándor, Zs. (2017): Method for Analysis and Prediction of Dwell Times at Stops in Local Bus Transportation. *Transport*. 32(3): 302-313. IF: 1,267
- Csiszár, Cs., Westsik, Gy. (1999a): Modelling of Computer Integrated Transportation. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 27 (1-2): 43-59. DOI: 10.3311/pp.tr.1999-1-2.04
- Csiszár, Cs., Westsik, Gy. (2014): A közlekedési informatika kutatása és oktatása a BME Közlekedés-üzemi és Közlekedésgazdasági Tanszékén. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXIV (2): 44-52.
- Csiszár, Cs., Zarkeshev, A. (2017): Demand-capacity Coordination Method in Autonomous Public Transportation. *Transportation Research Procedia*. 27: 784-790. DOI: 10.1016/j.trpro.2017.12.109
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2015a): Carsharing rendszerek szolgáltatási minőségét elemző és értékelő módszer 1. rész: Alapfogalmak. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXV (4): 19-25.
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2015b): Carsharing rendszerek szolgáltatási minőségét elemző és értékelő módszer 2. rész: A módszer lépései és alkalmazása. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXV (5): 4-13.
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2016a): Service Quality Analysis and Assessment Method for European Carsharing Systems. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 44 (2): 80-88. DOI: 10.3311/PPtr.8559
- Csonka, B., Csiszár, Cs. (2017): Determination of Charging Infrastructure Locations for Electric Vehicles. *Transportation Research Procedia*. 27: 768-775, DOI: 10.1016/j.trpro.2017.12.115
- Csonka, B., Csiszár, Cs., (2019a): Integrated Information Service for Plug-In Electric Vehicle Users Including Smart Grid Functions. *Transport Journal*. 34 (1): 135-145. DOI: 10.3846/transport.2019.8548, IF: 1,524
- Csonka, B., Havas, M., Csiszár, Cs., Földes, D. (2020): Operational Methods for Charging of Electric Vehicles. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 48(4): 369-376. DOI: 10.3311/PPtr.15853
- Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. (2012a): Közforgalmú internetes utazástervező rendszerek multikritériumos értékelő elemzése. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXII (6): 21.-31.
- Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. (2015): Evaluation of Multimodal Journey Planners and Definition of Service Levels, *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*. 13 (3): 154-165. DOI 10.1007/s13177-014-0093-0
- Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. (2016a): Multicriteria Analysis of Hungarian Journey Planners. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 44 (2): 97-104. DOI: 10.3311/PPtr.8570
- Esztergár-Kiss, D., Csiszár, Cs. (2016b): Utazástervező rendszerek értékelési szempontjaihoz tartozó súlyszámok meghatározása Fuzzy AHP alapú módszerrel. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVI (6): 35-44.
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2015a): Route Plan Evaluation Method for Personalized Passenger Information Service. *Transport*. 30 (3): 273-285. DOI: 10.3846/16484142.2015.1086889, IF: 0,594
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2016e): Útvonal értékelő eljárás személyre szabott utastájékoztatáshoz. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVI (4): 42-57.
- Földes, D., Csiszár, Cs. (2018a): Personalised Information Services for Bikers. International. *Journal of Applied Management Science, Special Issue on "Applied Logistics Management"*. 10 (1): 3-25. DOI: 10.1504/IJAMS.2018.10010961
- Gyűrűs, M., Prácser, A., Csiszár, Cs. (2008a): Telematikai alapokon működő car pooling rendszer. *Városi Közlekedés*. XLVIII (5): 258-266.

- He, Y., Csiszár, Cs. (2020a): Concept of Mobile Application for Mobility as a Service Based on Autonomous Vehicles. *Sustainability*, 12(17), 6737; doi:10.3390/su12176737, pp. 1-16 IF: 2,576
- He, Y., Csiszár, Cs. (2020b): Quality Assessment Method for Mobility as a Service. *Promet-Traffic&Transportation*. (accepted)
- Karádi, D., Nagy, E., Csiszár, Cs. (2015b): Integrált légi utasinformációs alkalmazás mobil eszközön I. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXV (6): 26-34.
- Karádi, D., Nagy, E., Csiszár, Cs. (2016): Integrált légi utasinformációs alkalmazás mobil eszközön II. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVI (1): 4-10.
- Kövesné, Gilicze, É., Debreczeni, G., Csiszár, Cs. (2015): Személyközlekedés. Felsőoktatási jegyzet.
- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2013a): Research on Automation of Operative Scheduling in Urban Public Transportation. *Acta Technica Jaurinensis 'Series Transitus'* 6(3): 94-109.
- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2013b): Az operatív menetrendkészítés automatizálásának vizsgálata a városi közösségi közlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXIII (6): 13-26.
- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2015): Analysis of Delay Causes in Railway Passenger Transportation. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 43 (2): 73-80. DOI: 10.3311/PPtr.7539
- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2017): Revealing Influencing Factors of Check-in Time. *Acta Polytechnica Hungarica*. 14 (4): 225-243. DOI: 10.12700/APH.14.4.2017.4.13, IF: 0,909
- Nagy, E., Csiszár, Cs. (2018): A „smart” és automatizált repülőterek jellemzőinek feltárása. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVIII (3): 35-44.
- Németh, M. M., Csiszár, Cs. (2009): Telematikailag támogatott sofőrszolgálatok. *Városi Közlekedés*. XLIX (1): 22-31.
- Péter, T., Csiszár, Cs., Mándoki P. (2017): Különböző felszíni közlekedési hálózatok forgalmának együttes modellezése és komplex analízise. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVII (1): 16-34.
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2010a): Integrált informatikai rendszerek a hazai gyorsforgalmú úthálózaton. *Közlekedéstudományi Szemle*. LX (3): 38-45.
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2013): Development Stages of Intelligent Parking Information Systems for Trucks, *Acta Polytechnica Hungarica*. 10(4): 161-174. DOI: 10.12700/APH.10.04.2013.4.10, IF: 0,471
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2015a): Role of Integrated Parking Information System in Traffic Management. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 59 (3): 327-336. DOI: 10.3311/PPci.7361, IF: 0,271
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2015b): A közúti közlekedés információrendszerének modellje 1. rész: Információszerkezeti modell. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXV (4): 32-41.
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2015c): A közúti közlekedés információrendszerének modellje 2. rész: Információkapcsolati modell. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXV (5): 29-39.
- Sándor, Zs., Csiszár, Cs. (2016): A parkolási információs rendszerek integrálása a forgalmi menedzsmentbe. *Közlekedéstudományi Szemle*. LXVI (4): 22-35.
- Skrúcaný, T., Kendra, M., Stopka, O., Milojevic, S., Figlus, T., Csiszár, Cs. (2019): Impact of the Electric Mobility Implementation on the Greenhouse Gases Production in Central European Countries. *Sustainability*. 11(18), 4948; DOI:10.3390/su11184948, 1-15, IF: 2,592
- Soltész, T., Kózel, M., Csiszár, Cs., Centgráf, T., Benyó, B. (2010): A közúti útvonalfoglalás koncepciója. *Városi Közlekedés*. L (4): 231-235.
- Soltész, T., Kózel, M., Csiszár, Cs., Centgráf, T., Benyó, B. (2011): Information System for Road Infrastructure Booking. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*. 39 (2): 55-62. DOI: 10.3311/pp.tr.2011-2.02
- Szigeti, Sz., Csiszár, Cs., Földes, D. (2017): Information Management of Demand-Responsive Mobility Service Based on Autonomous Vehicles. *Procedia Engineering*. 187: 483-491. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.04.404
- Tóth, J., Csiszár, Cs. (2000): Korszerű utasinformációs rendszerek. *Városi Közlekedés*. XL (6): 345-347.
- Válóczi, D., Csiszár, Cs. (2011a): Telematikai rendszerekkel támogatott intermodális csomópontok. *Városi Közlekedés*. LI (3-4): 207-214.
- Zarkeshev, A., Csiszár, Cs. (2019a): Are People Ready to Entrust their Safety to an Autonomous Ambulance as an Alternative and more Sustainable Transportation Mode? *Sustainability*. 11(20), 5595; DOI:10.3390/su11205595, 1-12, IF: 2,592
- Zarkeshev, A., Csiszár, Cs. (2019b): Rescue Method Based on V2X Communication and Human Pose Estimation. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*. 63(4):1139-1146. DOI:10.3311/PPci.13861, IF: 0,976
- Zarkeshev, A., Csiszár, Cs. (2020): Patients' Willingness to Ride on a Driverless Ambulance: a Case Study in Hungary. LOGI 2019 – Horizons of Autonomous Mobility in Europe Transportation Research Procedia 44, 8-14. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.02.002

6. A kapcsolódó szakirodalom legfontosabb közleményei

- Alessandrini, A., Alfonsi, R., Site, P. D., Stam, D. (2014): Users' Preferences Towards Automated Road Public Transport: Results from European Surveys. *Transportation Research Procedia*. 3: 139–144. DOI: 10.1016/j.trpro.2014.10.099
- Alessandrini, A., Campagna, A., Site, P. D., Filippi, F., Persia, L. (2015): Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities. *Transportation Research Procedia*. 5: 145–160. DOI: 10.1016/j.trpro.2015.01.002
- Alonso, M., Amaris, H., Germain, J. G., Galan, J. M. (2014): Optimal Charging Scheduling of Electric Vehicles in Smart Grids by Heuristic Algorithms. *Energies*, 7(4): 2449–2475. DOI: 10.3390/en7042449
- Andrenacci, N., Ragona, R., Valenti, G. (2016): A Demand-Side Approach to the Optimal Deployment of Electric Vehicle Charging Stations in Metropolitan Areas. *Applied Energy* 182: 39–46. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.07.137
- van Arem, B., Aki Ackerman, A., Chang, T., Riggs, W., Wegscheider, A., Smith, S., Rupprecht, S. (2019): Building Automation into Urban and Metropolitan Mobility Planning. In: Meyer G., Beiker S. (eds) Road Vehicle Automation 6. AVS 2019. Lecture Notes in Mobility. 123–136. Springer, Cham DOI: 10.1007/978-3-030-22933-7_13
- Bansal, P., Kockelman, K.M., Singh, A. (2016): Assessing Public Opinions of and Interest in New Vehicle Technologies: An Austin perspective. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 67: 1–14. DOI: 10.1016/j.trc.2016.01.019
- Bischoff, J., Maciejewski, M. (2016): Simulation of City-wide Replacement of Private Cars with Autonomous Taxis in Berlin. *Procedia Computer Science*, 83: 237–244. DOI: 10.1016/j.procs.2016.04.121
- Caicedo, F. (2010): Real-time Parking Information Management to Reduce Search Time, Vehicle Displacement and Emissions, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15 (4) 228–234. DOI: 10.1016/j.trd.2010.02.008
- Chen, T. D., Kockelman, K. M., Khan, M. (2013): The Electric Vehicle Charging Station Location Problem: A Parking-Based Assignment Method for Seattle, Washington. *Transportation Research Record* 2385: 28–36. DOI: 10.3141/2385-04
- Chen, T. D., Kockelman, K. M., Hanna, J. P. (2016): Operations of a Shared, Autonomous, Electric Vehicle Fleet: Implications of Vehicle & Charging Infrastructure Decisions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94: 243–254. DOI: 10.1016/j.tra.2016.08.020
- Cyganski, R., Heinrichs, M., von Schmidt, A., Krajewicz, D. (2018): Simulation of Automated Transport Offers for the City of Brunswick. *Procedia Computer Science*, 130, 872–879. DOI: 10.1016/j.procs.2018.04.083
- Fagnant, D., Kockelman, K. M. (2014): The Travel and Environmental Implications of Shared Autonomous Vehicles, Using Agent-based Model Scenarios. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 40: 1–13. DOI: 10.1016/j.trc.2013.12.001
- Fagnant, D., Kockelman, K. M. (2015): Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77: 167–181. DOI: 10.1016/j.tra.2015.04.003
- Grotenhuis, J-W., Wiegman, B. W., Rietveld P. (2007): The Desired Quality of Integrated Multimodal Travel Information in Public Transport: Customer Needs for Time and Effort Savings, *Transport Policy*, 14 (1), 27–38. DOI: 10.1016/j.tranpol.2006.07.001
- Gruel, W., Stanford, J.M. (2016): Assessing the Long-term Effects of Autonomous Vehicles: a Speculative Approach. *Transportation Research Procedia*. 13: 18–29. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.003
- Huang, K., Kanaroglou, P., Zhang, X. (2016): The Design of Electric Vehicle Charging Network. *Transportation Research Part D* 49: 1–17. DOI: 10.1016/j.trd.2016.08.028
- Juhász, J., Munkácsiné, L. E. (2008): Útvonalválasztás az aktuális közlekedési információk felhasználásával. *Városi Közlekedés XLVIII*(3) pp. 137–141.
- Kamargianni, M., Li, W., Matyas, M., Schäfer, A. (2016): A Critical Review of New Mobility Services for Urban Transport. *Transportation Research Procedia*, 14: 3294–3303. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.277
- Kamel, J., Vosooghi, R., Puchinger, J., Ksontini, F., Sirin G. (2019): Exploring the Impact of User Preferences on Shared Autonomous Vehicle Modal Split: A Multi-Agent Simulation Approach, *Transportation Research Procedia*, 37, 115–122, DOI: 10.1016/j.trpro.2018.12.173

- Kelemen, Zs. (2009): Airport Information System Integration by Using Message Broker. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, Vol 37., No.1-2. pp. 15-21, DOI: 10.3311/pp.tr.2009-1-2.03
- Kenyon, S., Lyons, G. (2003): The Value of Integrated Multimodal Traveller Information and Its Potential Contribution to Modal Change, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 6, 1-21. DOI: 10.1016/S1369-8478(02)00035-9
- Khoo, H. L., K. S. Asitha (2016): User Requirements and Route Choice Response to Smart Phone Traffic Applications (apps), *Travel Behaviour and Society* 3, 59-70. DOI: 10.1016/j.tbs.2015.08.004
- Kockelman, K. M., Bansal, P., Singh, A. (2016): Assessing Public Acceptance of and Interest in the New Vehicle Technologies: An Austin Perspective. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 67: 1-14. DOI: 10.1016/j.trc.2016.01.019
- Kövesné, Gilicze, É. (1996a): Térbeni-időbeni intézkedések a városi közforgalmú közlekedés minőségének javítására. *Városi Közlekedés*, XXXVI (3): 147-151.
- Kövesné, Gilicze, É. (1996b): A városi személyközlekedési rendszer értékelése minőségi ismérvek alapján. *Városi Közlekedés*, XXXVI (5): 267-273.
- Kövesné, Gilicze, É. (2000): Térségi közösségi közlekedés minőségi kérdései. *Városi Közlekedés*, XL (2): 92-96.
- Kövesné, Gilicze, É. (2017): A közlekedéstudomány helye, szerepe a hazai tudományos rendszerben. *Közlekedéstudományi Szemle*, LXVII (2): 7.
- Krueger, R., Rashidi, T. H., Rose, J. M. (2016): Preferences for Shared Autonomous Vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 69: 343-355. DOI:10.1016/j.trc.2016.06.015
- Lamotte, R., Palma, A., Geroliminis, N. (2017): On the Use of Reservation-based Autonomous Vehicles for Demand Management. *Transportation Research Part B: Methodological*, 99: 202-227. DOI: 10.1016/j.trb.2017.01.003
- Lindenbach, Á. Barsi, Á., Lovas, T. (2004): Az intelligens közlekedési rendszerek alkalmazása a közúti közlekedésben, szerzői kiadás, ISBN 963 460 019 0, 140 p.
- Madigan, R., Louw, T., Dziennus, M., Graindorge, T., Ortega, E., Graindorge, M., Merata, N. (2016): Acceptance of Automated Road Transport Systems (ARTS): An Adaptation of the UTAUT Model. *Transportation Research Procedia*, 14: 2217-2226. DOI: 10.1016/j.trpro.2016.05.237
- Mahmassani, H. S., Koppelman, F. S., Frei, C., Frei, A., Haas, R. (2013): Synthesis of Traveler Choice Research: Improving Modeling Accuracy for Better Transportation Decision-making. Publisher: US Department of Transportation
- Martinez L. M., Viegas J.M. (2017): Assessing the Impacts of Deploying a Shared Self-driving Urban Mobility System: An agent-based Model Applied to the City of Lisbon, Portugal, *International Journal of Transportation Science and Technology*, 6(1): 13-27, DOI: 10.1016/j.ijtst.2017.05.005
- Milakis D., Snelder M., van Arem B., van Wee G.P., Correia H.A.G. (2017): Development of Automated Vehicles in the Netherlands: Scenarios for 2030 and 2050, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 17(1): 63-85, DOI: 10.18757/ejtir.2017.17.1.3180
- Monigl, J. (2001): A telematika szerepe a városi és környéki közlekedés modális integrációjának javításában. *Városi közlekedés*, 41. évf. 6. sz. 332-337.
- Moreno A. T., Michalski A., Llorca C., Moeckel R. (2018): Shared Autonomous Vehicles Effect on Vehicle-Km Traveled and Average Trip Duration, *Journal of Advanced Transportation*, Article ID 8969353, DOI: 10.1155/2018/8969353
- Nadi, S., Delavar, M. R. (2011): Multi-criteria, Personalized Route Planning Using Quantifier-guided Ordered Weighted Averaging Operators. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 13(3), 322-335 DOI: 10.1016/j.jag.2011.01.003
- Nordhoff, S., van Arem, B., Happee, R. (2016): Conceptual Model to Explain, Predict, and Improve User Acceptance of Driverless Podlike Vehicles. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2602: 60-67. doi: 10.3141/2602-08
- Nordhoff, S., de Winter, J., Madiga, R., Merat, N., van Arem, B., Happee, R. (2018): User Acceptance of Automated Shuttles in Berlin-Schöneberg: A Questionnaire Study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58: 843-854. DOI: 10.1016/j.trf.2018.06.024
- Ottomanelli, M., Dell'Orco, M., Sassanelli, D. (2011): Modelling Parking Choice Behaviour Using Possibility Theory. *Transportation Planning and Technology*, 34(7), 647-667, DOI 10.1080/03081060.2011.602846
- Owczarzak, L., Zak, J. (2015): Design of Passenger Public Transportation Solutions Based on Autonomous Vehicles and Their Multiple Criteria Comparison with Traditional Forms of Passenger Transportation. *Transportation Research Procedia*, 10: 472-482. DOI: 10.1016/j.trpro.2015.09.001

- Payre, W., Cestac, J., Delhomme, P. (2014): Intention to Use a Fully Automated Car: Attitudes and a Priori Acceptability. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 27: 252–263. DOI: 10.1016/j.trf.2014.04.009
- Rodier, C. J., Shaheen, S. A. (2010). Transit-based Smart Parking: An Evaluation of the San Francisco Bay Area Field Test. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18(2): 225–233. DOI: 10.1016/j.trc.2009.07.002
- Shen Y., Zhang H., Zhao J. (2018): Integrating Shared Autonomous Vehicle in Public Transportation System: A Supply-side Simulation of the First-mile Service in Singapore, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 113: 125–136, DOI: 10.1016/j.tra.2018.04.004
- Shin, J., Jun, H. (2014): A Study on Smart Parking Guidance Algorithm. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 44. 299–317. DOI: 10.1016/j.trc.2014.04.010
- Shirmohammadli, A., Vallée, D. (2017): Developing a Location Model for Fast Charging Infrastructure in Urban Areas. *International Journal of Transport Development and Integration*, 1 (2): 159–170. DOI: 10.2495/TDI-V1-N2-159-170
- Spieser, K., Ballantyne, K., Treleaven, K., Zhang, R., Frazzoli, E., Morton, D., Pavone, M. (2014): Toward a systematic approach to the design and evaluation of automated mobility-on-demand systems: a case study in Singapore. In: Meyer G., Beiker S. (eds) Road Vehicle Automation. Lecture Notes in Mobility. Springer, Cham DOI: 10.1007/978-3-319-05990-7_20
- Spitadakis, V., Fostieri, M. (2012): WISETRIP – International Multimodal Journey Planning and Delivery of Personalized Trip Information. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 48, 1294–1303 DOI:10.1016/j.sbspro.2012.06.1105
- Teodorovic, D., Lucic, P. (2006): Intelligent parking systems. *European Journal of Operational Research*, 175(3), 1666–1681, DOI: 10.1016/j.ejor.2005.02.033.
- Thill, J.-C., Dao, T.H.D., Zhou, Y. (2011): Traveling in the Three-dimensional City: Applications in Route Planning, Accessibility Assessment, Location Analysis and Beyond. *Journal of Transport Geography* 19, 405–421. DOI:10.1016/j.jtrangeo.2010.11.007.
- Upchurch, C., Kuby, M. (2010) Comparing the p-median and Flow-refueling Models for Locating Alternative-fuel Stations. *Journal of Transport Geography*, 18, 750–758. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2010.06.015
- Westsik Gy. (1967): Kibernetikai módszerek a közlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*, XVII (1): 9–17.
- Westsik Gy. (1969b): General Model of an Information System for Controlling Complex Organisations. *Periodica Polytechnica, Electrical Engineering*. 13 (1–2): 47–72.
- Westsik Gy. (1970): Számítógép-rendszerek a közlekedésben. *Közlekedéstudományi Szemle*, XX (10): 441–449.
- Westsik Gy. (1980): A számítógépes adatfeldolgozás és irányítás fejlesztésének helyzete a közlekedésben és hírközlésben. *Közlekedéstudományi Szemle*, XXX (9): 385–396.
- Westsik Gy. (1986): A közlekedés informatikai fejlesztése. *Közlekedéstudományi Szemle*, XXXVI (7): 294–300.
- Westsik Gy. (1987): Analytic System Model for the Analysis and Design of Distributed Information System. *Periodica Polytechnica, Transportation Engineering*, 15 (1): 15–27.
- Wilson B. (1984): Systems, Concepts, Methodologies, and Applications. New York: Wiley
- Zhang, W., Guhathakurta, S., Fang, J., Zhang G. (2015): Exploring the impact of shared autonomous vehicles on urban parking demand: An agent-based simulation approach. *Sustainable Cities and Society*, 19, 34–45 DOI:10.1016/j.scs.2015.07.006